

多重应用场景下的新能源电力系统 储能技术研究

中广核风电有限公司 张 星

摘要: 本文对原有电力系统储能技术进行分析,并结合对新能源的开发与利用,研究出可用于多重应用场景的新能源电力系统储能技术。探讨了飞轮储能、抽水储能、压缩空气储能等关键储能技术,明确了新能源与电能转换方案。

关键词: 多重应用场景; 新能源; 电力系统; 储能技术

近年来,随着我国可持续发展政策的出台,新能源的应用再次引发社会关注,包括风能、太阳能在内的可再生资源为社会各行业领域可持续发展赋能,而储能技术的应用是进一步提升新能源利用效率的关键手段,可将新能源开发利用为转化为电能储存。常见的储能系统储能方式通常为单一的电化学储能,随着我国科学技术水平的不断提升,储能技术也随之改良升级,发展至今基本可实现多类型储能系统在电力系统中的共同接入。但当前电力系统储能技术在实际储能过程中仍存在一定局限性,对多重场景应用考虑不周。

1 储能技术的需求背景

1.1 “双碳”目标下的电力能源结构改革

“双碳”即碳达峰和碳中和,在此目标下我国电力能源结构正面临改革升级,原有的电力能源体系中主要以化石能源为主,随着新能源的开发与利用,风电、太阳能、潮汐能等可再生资源逐渐将化石能源替代,成为新型电力能源并被广泛应用于社会各行业领域生产。电力系统需时刻保持供需平衡,但新能源的应用受到环境因素影响具有一定随机性,这就导致新能源电力系统运行稳定性会受到空前挑战^[1]。对此,针对新能源电力系统运行稳定性问题,储能技术可起到至关重要的改善作用,作为可灵活调用的资源,储能系统的应用能够进一步提升电力系统对新能源的消纳能力,且能够显著提升电力系

统运行安全性和稳定性。

1.2 电力系统容量资源限制

电力系统运行过程涉及较多环节,包括输电、变电、配电环节等,随着电力负荷的不断增长,电力系统各环节扩容需求随之增加,加之土地资源等环境因素的限制,当前扩容需求与传统电力系统扩容方式之间产生矛盾。针对这一情况,储能技术得以发挥作用,可暂缓电力系统输送容量矛盾,调整负荷峰谷特性和峰值负荷。在同等输送容量下,储能技术的应用可显著提升电力系统输送电量。因此,目前储能技术已经被当作电力系统设备利用效率提升、电力系统负荷特性调节的必要手段广泛应用^[2]。

1.3 电力用户用电要求提高

自相关政策提出以来,政府进一步强调保障用电可靠性和用电质量的重要性,并对此作出明确要求。在此期间精密制造业不断发展,人们日常生活水平提升导致对用电质量要求与日俱增。在此背景下,应用合理的储能技术对于改善用户侧分布式电源接入情况起到关键作用,且能够显著提升电力系统供电质量和运行稳定性、可靠性、安全性。

2 新能源电力系统中的储能技术分析

2.1 飞轮储能技术

飞轮储能技术存储的电能是由旋转体旋转产生的动能转化而来的,电能存储过程由电机提供驱动力,驱动飞轮运行并获得一定速度后,完成电能与

动能之间的转化，进而存储电能。具体结构如图1所示。由于飞轮系统处于真空运行环境，因此在飞轮运行过程中受到风力等环境因素影响较小，能够有效降低动能损耗，为转化率提供保障的同时延长系统寿命。值得注意的是，飞轮储能技术的应用也存在一些不足，其储存的能量通常密度较低，且因真空运行环境的缘故，飞轮储能技术的应用对空间环境要求极为严格，若想切实保障飞轮系统运行的安全性和稳定性，需投入大量人力、财力、物力，尽可能满足飞轮储能技术对环境的要求。

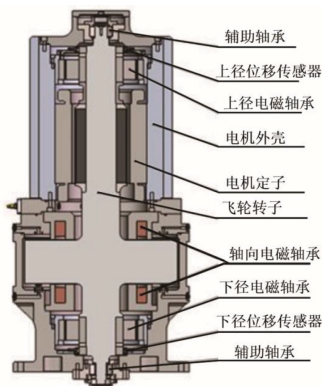


图1 飞轮储能结构

2.2 抽水储能技术

抽水储能技术发展至今已得到广泛应用且趋于成熟，应用此项技术前需在水体上游、下游位置分别建设一个水库。电负荷过高或过低时，通过对设备状态的调整以及利用抽水设备将下游水库中的水抽至上游水库实现储能发电。抽水储能技术虽然发展较为迅速且渐渐成熟，但其应用也存在一定局限性^[3]。首先，该技术对于地势环境要求较高，受到环境因素影响往往与用电区域间隔较远，电能输送过程中会产生大量损耗。其次，抽水储能全程耗时较长、调整难度较大，且能量转化率最高不超过75%，因此难以将其大规模应用。

2.3 压缩空气储能技术

作为当前应用情况和前景较好的储能技术，压缩空气储能技术的应用可实现对过剩电能的有效存储，且可以大规模应用。如果电网负荷较低，压缩空气储能技术能够通过压缩空气完成储能，反之如果电网负荷偏高，压缩空气储能技术可以释放存储的空气，并借此驱动汽轮机处于发电状态，进而为电网安全稳定运行提供保障。与其他储能技术相比，压缩空气储能技术的应用存在明显优势，此方法储能效率高、响应快，能量转化率极高，可超过

70%，因此在未来有较好的应用发展前景。但压缩空气储能技术也存在不足之处，该方法主要应用于电力调峰以及系统备用等方面，应用过程较容易受到环境因素影响，因此对地势环境提出较高要求。

2.4 电化学储能技术

顾名思义，电化学储能技术的应用原理是通过化学方式完成储能，应用的化学材料包括铅酸电池、锂电子电池、液流电池等。电化学储能技术可实现大规模推广应用，与其他材料相比，液流电池的应用表现出明显优势，但铅酸电池、锂电子电池在目前应用更加广泛，因此对于电化学储能技术的应用还需加强探索与研究。液流电池结构原理如图2所示。电化学储能技术可通过电池串、并联打造电池组，电池组的形成能够显著提升电池容量，以及电化学储能技术的充放电功率。与其他储能技术相比，电化学储能技术储能成本较低，但电池储能寿命较短，且应用后如果对电池处理不当会造成严重的环境污染。

随着对电化学储能技术的不断研究与完善，目前该技术的应用渐渐凸显出更多优势，包括体积小、可灵活搭配、方便部署等，因分布式电源的发展提升其消纳能力，因此电化学储能技术当前可作为理想的技术手段，用于降低电负荷峰谷差，此技术在未来应用发展前景依旧可观。

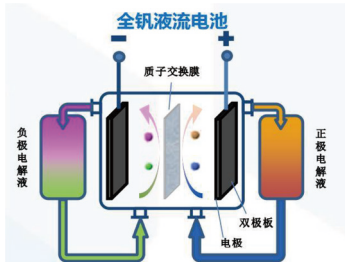


图2 液流电池结构

2.5 超级电容储能技术

在电化学双层理论的支持下，超级电容储能技术得到发展与应用，该储能方式可提供的脉冲功率极强，且应用期间在充电状态下其电极表面可呈现较为理想的极化状态。在此情况下，电荷对电解质溶液中的异性离子能够产生吸引，并使其附着于电极表面，进而构成可大功率功能的双层电容结构。超级电容储能技术在电力系统中的应用常见于短时、高峰值功率等场景，可用于瞬态干扰、电压暂降、稳定负载等方面。

2.6 超导储能技术

超导储能技术可通过超导体线圈利用磁场的能

力完成储能，该储能方式具有比容量大、响应速度快、能量转换效率高等多重优势，且无需在功率输送期间进行能源转化。超导储能技术除了能够及时补偿功率外，还能进行大容量能量交换，应用范围广泛。超导储能技术通常被用于功率补偿、频率调节等方面，可借此提高功率输送能力，为电力系统安全稳定运行提供一定保障。

3 多重应用场景下的新能源电力系统储能技术研究

3.1 储能技术定位

根据不同的应用场景，电力系统对储能系统的需求不同，如针对提供系统阻尼、辅助一次调频等情况，对储能技术响应速度、输出功率有较高要求，对此类场景可采用飞轮储能技术、超级电容储能技术；针对提高输配电设备利用效率等方面，要求储能技术响应速度快，对充放电频繁转换场景适应性强，对此类场景可采用以锂离子电池为代表的电化学储能技术。

3.2 储能拓扑结构

根据上述探讨可知，在“双碳”目标下，电力系统不断建设完善，储能系统在未来应用前景广泛。为满足多重应用场景下的储能需求，本文设计了一种超级电容与锂电池结合的新型混合储能系统，兼具两种储能技术的优势，其应用可同步实现高能量输出与分布式大功率储能。如图3所示，在这种新型储能系统中，分布式储能单元中的超级电容器，直接耦合在新能源电力系统直流母线上，超级电容器可借助逆变单元与之并联，以此避免各储能器运行期间对彼此的干扰。在这种拓扑结构中，对超级电容器的管控可由逆变单元实现，还能同步完成对锂电池储能情况的有效控制。

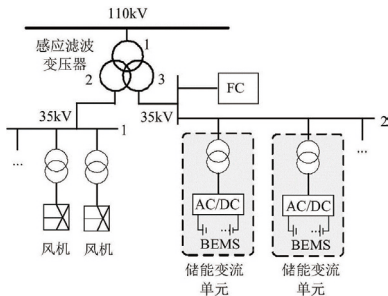


图3 储能拓扑结构示意图

从当前新能源电力系统应用发展情况来看，需为发电机配置分布式储能单元，同时并联独立发电机，系统运行期间PCS的应用，可帮助发电机分布式储能单元与电力系统直流母线侧端并联，与发电

机共用DC/AC 逆变单元。在此过程中，不仅可以完成能源转化和能源存储，最初产生的交流电还可以通过发电机变流后接入分布式储能单元，以此实现其与新能源电力系统间的连接。

3.3 试验分析

根据上文所述拓扑结构明确新能源电能转化方案后，对传统储能技术与本文设计储能技术应用过程中电量浪费情况进行对比研究分析。本次试验对象为某新能源电力系统，试验目标为分为六个阶段共储能3万 kWh。由于新能源接入量较大且机组调频容量有限，因此为保障试验目的达成，系统调频通过对储能电源快速响应特性实现，以此保障储能质量。试验记录结果中的浪费电量统计，源于新能源电力系统储能过程中对于可实现空气内能的电能的遗漏数值。

表1 设计技术与传统技术电量浪费情况对比

储能次数	需储能电量	浪费电量	
		设计技术	传统技术
1	5000	12.36	93.85
2	10000	14.83	157.64
3	15000	15.79	393.56
4	20000	17.96	568.32
5	25000	20.98	886.94
6	30000	24.01	1349.68

试验结果显示，本文探讨设计的新能源电力系统储能技术，在储能过程中电量浪费情况明显优于传统储能技术，可实现对电能的高效存储，适用于多重应用场景。

综上所述，随着时代的发展和社会的进步，人们生产生活水平的不断提升导致社会用电需求也与日俱增，在此情况下采取必要手段减轻用电压力已刻不容缓，对此储能技术的应用十分关键。为满足新时期社会经济发展对电力系统的储能需求，本文对原有电力系统储能技术进行分析，并结合对新能源的开发与利用，研究出可用于多重应用场景的新能源电力系统储能技术，实现储能技术的完善升级。★

参考文献

[1] 师鹏, 张志华, 等. 储能技术在新能源电力系统中的应用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2022, 11.

[2] 谢小荣, 马宁嘉, 等. 新型电力系统中储能应用功能的综述与展望 [J]. 中国电机工程学报, 2023, 1.

[3] 裴善鹏, 林华, 等. 电力现货市场背景下的山东新能源储能应用模式研究 [J]. 热力发电, 2021, 8.